

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ФИЗИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ
ПРОЦЕССОВ В МИКРОВОЛНОВОМ ПОЛЕ**

**DEVELOPMENT OF METHODS OF PHYSICAL MODELING
OF HIGH-TEMPERATURE PROCESSES IN MICROWAVE
FIELD**

Берг Н. В., Ситдилов Р. Р., Куиате М., Низов В. А.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
Nik9508@bk.ru, v.a.nizov@urfu.ru

Berg N. V., Sitdikov R. R., Kouyate M., Nizov V. A.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе рассмотрены аспекты использования микроволнового поля для моделирования отдельных высокотемпературных процессов. Изложены варианты применения СВЧ поля для переработки техногенных отходов. Предложены компоновочные технологические схемы на основе бытовой микроволновой печи.

Abstract: In the work discusses the basics of using the microwave field to simulate individual high-temperature processes. The work outlines the applications of the microwave field for the processing of technological waste. In the work the layout technological schemes on the basis of a household microwave oven are proposed.

Ключевые слова: переработка; техногенные отходы; микроволны; красные шламы; моделирование.

Key words: recycling; technological wastes; microwave; red mud; modeling.

В ряду назревших проблем, переработка техногенных отходов начинает занимать ведущее положение и, если разработка, проектирование технологических схем на основе природного минерального сырья может быть реализована в рамках традиционных подходов и аналогий действующих производств, то техногенное сырье чаще всего мало предсказуемо и требует более деликатного подхода в исследованиях.

Использование микроволнового диапазона электромагнитного поля со стандартной частотой 2450 МГц открывает некоторые новые возможности моделирования при разработке процессов переработки вторичного неорганического техногенного сырья и материалов высокой степени частоты при высоких температурах. Так, в результате прямого воздействия микроволнового поля названной частоты возможна реализация следующих эффектов (рис. 1).

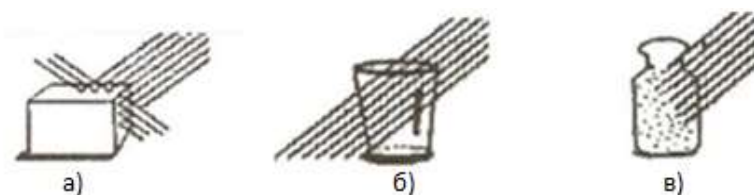


Рис. 1. Возможные варианты взаимодействия материалов с СВЧ-излучением: а) отражение (проводники); б) пропускание (диэлектрики); в) поглощение

Исходя из представленных эффектов, наиболее привлекательным для реализации технологических процессов выглядит тот, в результате которого достигается прямое взаимодействие электромагнитного поля с реакционным объемом в так называемом холодном тигле. Благодаря высокой скорости разогрева реакционного объема возникает уникальная возможность вмешиваться в процесс термообработки и производить перемешивание компонентов реакционного объема с максимальным приближением к реальному процессу, реализуемому во вращающихся трубчатых печах.

Наиболее характерный пример: реализация процесса магнетизирующего обжига для отработки и исследования технологий

переработки красного шлама с использованием алюминия металлического в качестве восстановителя [1]. Идет восстановление оксида железа до железа металлического за счет взаимодействия с алюминием, т. е. – алюмотермия. За счет повышения температуры в процессе алюмотермии идет переход гематитовой фазы в магнетитовую. Таким образом, оба техногенных отхода одной отрасли промышленности возвращаются в производственный цикл. Трудоемкость исследования сокращается в 5–10 раз по сравнению с использованием муфельных печей с карбид-кремниевыми нагревателями, достигается прямой визуальный контроль процесса и возможность контроля температурного поля с использованием инфракрасного пирометра или переносной термопары.

Другой пример связан с разработкой технологии переработки цинксодержащих пылей черной металлургии. Пыль электросталеплавильных печей, обогащенная цинком до 15 % масс., подвергается агломерации на тарельчатом лабораторном грануляторе с использованием в качестве агломерирующего агента суспензии угля в слабой уксусной кислоте [2]. Далее гранулы в кварцевом реакторе размещаются в бытовой микроволновой печи и в режиме импульсной нагрузки подвергаются нагреву до 1000–1100 °С. Цинк возгоняется и, окисляясь на воздухе, осаждается в верхней зоне реактора.

Не менее интересен вариант использования микроволнового излучения для получения железно-окисного пигмента с выраженными антикоррозионными свойствами на основе шламов станции нейтрализации сточных вод предприятия АО «Русский хром». Компонентный состав шлама представлен в таблице.

Компонентный состав шлама станции нейтрализации

| Массовая доля, % | | | |
|--------------------------|------------------------------|-------------------------|-------|
| $\text{Cr}(\text{OH})_3$ | $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ | $\text{FeO}(\text{OH})$ | Влага |
| 13,5 | 43 | 17 | 26,5 |

Исходя из показателей тангенса потерь гидроокисного железа в микроволновом поле, ожидать высоких скоростей нагрева, оснований нет. Однако, если в конструкцию реактора внести некоторые

изменения, ситуация резко изменяется. Так, достаточно в реакционном объеме поместить подложку из крупинчатого дезориентированного магнетита и стартовый разогрев будет обеспечен. Дальнейшее повышение температуры в реакционном объеме будет вызвано взаимодействием микроволнового поля с промежуточным продуктом обжига.

Варианты компоновочных схем на основе бытовой микроволновой печи мощностью 1 кВт представлены на рис. 2.

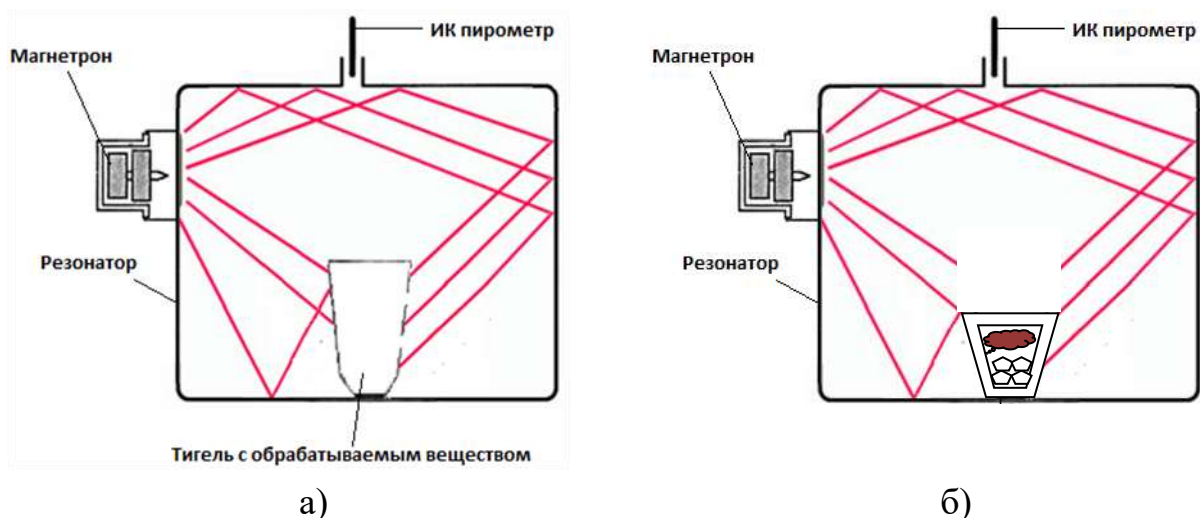


Рис. 2. Компоновочные схемы на основе бытовой микроволновой печи:
а) без подложки; б) кварцевая ванна с подложкой

Таким образом, предложенный метод исследований открывает возможности энерго- и ресурсосбережения при разработке процессов переработки вторичного неорганического техногенного сырья и материалов высокой степени частоты при высоких температурах.

Список использованных источников

1. Пат. 2540317 РФ. Способ переработки алюминиевого шлака / Бакиров А. Ф., Ракипов Д. Ф., Пустынных А. Ф. Низов В. А. ; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (RU); заявл. 24.04.2013; опубл. 10.02.2015, Бюл. № 4.
2. Пат. 2574952 РФ. Способ переработки цинк-железосодержащих пылей / Низов В. А. ; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (RU); заявл. 01.07.2014; опубл. 10.02.2016, Бюл. № 4.